

ILLUSTRIRTE WOCHENSCHRIFT ÜBER DIE FORTSCHRITTE IN GEWERBE, INDUSTRIE UND WISSENSCHAFT,

herausgegeben von

DR. OTTO N. WITT.

Durch alle Buchhandlungen und Postanstalten zu beziehen.

Preis vierteljährlich 4 Mark.

Verlag von Rudolf Mückenberger, Berlin, Dörnbergstrasse 7.

№ 865. Jahrg. XVII. 33. 1906.

Atmosphärische Elektricität.

Von Ingenieur OTTO NAIRZ, Charlottenburg.

Mit elf Abbildungen.

(Historisches, Luftelektricität, Gewitter, Arten der Blitze, Blitzdauer, Spannung, Strom, Energie, Oscillation, Donner, Wirkung, Häufigkeit, Registrirung, Elmsfeuer, Polarlicht.)

Zu allen Zeiten waren es hauptsächlich zwei Naturerscheinungen, welche mächtig auf das Gemüth des Menschen eingewirkt haben: der gestirnte Himmel und das Gewitter. Nicht unbegründet verknüpften die Naturvölker dieselben mit ihrem Mythus, indem sie ihre Götter und Heroen unter die Sterne versetzten bezw. den Blitz als Attribut ihrer höchsten Gottheit ansahen. Nicht nur Jehova, sondern auch Zeus und Jupiter pflegten ihre Majestät mit Donnerwolken zu umgeben, auch Donar und sogar Huitzilopochtli zerschmetterten durch Blitze ihre Gegner. Und auch wir ebenso nervösen wie aufgeklärten Culturmenschen stehen noch immer unter dem Banne des prachtvollen Schauspieles eines Gewitters, obgleich wir dasselbe seit 200 Jahren seines Nimbus entkleidet und als elektrischen Ausgleich in der Atmosphäre erkannt haben.

Historisches.

Dem classischen Alterthum war der Blitz die Stimme der Götter, d. h. ein Zeichen, wodurch sie den Menschen Glück oder Unglück ankündigten. Infolge dieses Aberglaubens waren die Alten eifrige Beobachter dieser Naturerscheinung. Die Priester und Weissager beuteten die Erscheinung des Blitzes für ihre Ceremonien aus, aber ohne viel nach den Entstehungsursachen desselben zu forschen.

Vergleicht man die Ansichten der Alten über die verschiedenen Blitzarten, welche sich auf die Theorien der griechischen und römischen Philosophen Aristoteles und Seneca stützen, mit den modernen Forschungsresultaten, so kommt man zu der Ueberzeugung, dass die Alten ebenso wie wir verschiedene Blitzarten unterscheiden konnten. Und dies ist wiederum ein Beweis, dass das Wissen der Alten doch nicht ganz ohne physikalische Grundlage gewesen sein kann. Die einen betrachteten den Blitz als ein Dunstgebilde, welches sich in dem Momente des Ausssprühens aus den Wolken infolge der damit verbundenen Reibung entzündet. Andere wieder sprachen von einer Feueransammlung in den Wolken, die gewaltsam die Wolken theilend zur Erde niederzuckt; oder von einem Feuerstrahl, der direct aus der Sonne oder den Sternen kommt, und nur dann herniederfällt, wenn die Feuchtigkeit der darunter liegenden Wolken ihn anzieht. Aus letzterem begründe sich die Thatsache, dass zumeist nur bei bewölktem

Himmel Gewitterbildungen zu beobachten seien. Sie erkannten weiter, dass die meisten Gewitter sich im Frühling und Herbst bilden, da zu diesen Zeiten die Luft den grössten Feuchtigkeitsgehalt besitzt und infolge der Temperaturunterschiede im steten Kampfe mit Kälte und Wärme ist. Auch vom Blitze aus heiterm Himmel lesen wir bei den Alten. Den Griechen war dieser eine glückverheissende Zustimmung der Götter, den Römern kündigte er Unheil an.

So wie heute dem Schiffer in Sturm und Noth das Erblicken des Leuchtthurmfeuers glückliche Landung am schützenden Gestade verheisst, bedeutete den Alten das Erscheinen der sternenähnlichen Lichter auf den Schiffsmasten Hilfe in Seenoth, und der damit verbundene Dioskurencult deutet auf die Kenntniss des Elmsfeuers bei den Alten. Wetterleuchten beobachteten sie ebenfalls und hielten es einfach für den Widerschein eines Gewitters, das an einem entfernten Orte niedergeht.

Mit grossem Interesse beobachteten sie auch die Wirkungen des Blitzes. Sie wussten, dass in erster Linie den Wolken zunächst liegende Objecte gefährdet sind. Nach ihrer Ansicht dringt der Blitz aber nur etwa $1\frac{1}{2}$ m tief in das Erdreich ein. Dass der Blitz einen Menschen direct töten könne, glaubten sie nicht, sondern waren der Ueberzeugung, dass vom Blitze Getroffene infolge lähmenden Schreckens tot hinfielen. Sie stellten auch fest, dass er gewisse Pflanzen schone, um dann wiederum einzelne Thiere und Steine mit Vorliebe zu treffen. Ganz zerstört würden nur Körper, welche sich seinem Wege hemmend entgegenstellten. Widerstandslose Gegenstände, wie Kleider, dürres Holz, liessen den Blitz ungehindert passiren. Sei Holz aber feucht, so entzünde es sich, weil angeblich Feuchtigkeit das Feuer anziehe. Nicht an letzter Stelle liest man über die wärmenden und reinigenden Wirkungen des Blitzes, so dass nur dem Pflanzenwachsthum gedeihliche Stoffe herniederfallen.

Beim Donner sollten, nach den Beobachtungen der damaligen Forscher, dieselben Grundbedingungen maassgebend sein, wie beim Zünden des Blitzes, also derselbe Vorgang auch hier zu Grunde liegen. Das Rollen des Donners sei nichts weiter, als das Geräusch, welches der Blitz beim Durchschneiden der mit Feuchtigkeit geschwängerten Wolkenmassen verursache, ähnlich dem Zischen und Knallen, welches beim Eintauchen glühenden Eisens in Wasser entsteht, natürlich in stärkerem Maasse. Die Verschiedenheit der Donnerschläge hänge ab von dem durch die Wolkenformation bedingten Echo.

Von manchen Gelehrten wurde behauptet, die Alten wären im Besitze von wirksamen Schutzmitteln gegen den Blitz gewesen und hätten auf Tempeln u. dergl. metallene Blitzableiter besessen. Diese Anschauungen haben aber gar nichts Wahrscheinliches an sich, sondern sind nur falsche Auffassungen aus den alten Berichten.

Dem Mittelalter haben wir in Bezug auf Fortschritte in der Erkenntniss der Natur des Gewitters nichts zu verdanken. Erst Dr. Wall scheint tiefer eingedrungen zu sein, indem er am Schlusse seiner Abhandlung aus dem Jahre 1698 von den Eigenschaften geriebenen Bernsteins sagt: „Das Licht und das Knistern scheint einigermaassen Blitz und Donner darzustellen".

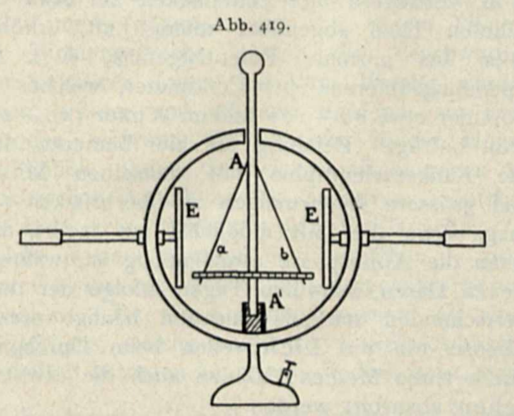
Die Bedeutung Benjamin Franklins, der um 1740 „dem Himmel den Blitz entriss", ist so allgemein bekannt, dass es als überflüssig erscheint, seiner Grossthaten eingehender zu gedenken. Die grössten Fortschritte brachte aber natürlich das neunzehnte Jahrhundert, das überhaupt für unsere Kenntnisse vom Wesen der Elektricität von grösster Bedeutung war.

Luftelektricität.

Seit Langem schon sucht man die Entstehungsursache jener Elektricitätsmenge in den Wolken, welche sich über so grosse Entfernungen im Blitze entladet, zu erforschen, aber der grosse Preis der französischen Akademie der Wissenschaften ist bis heute noch nicht zur Auszahlung gelangt, obwohl Theorien aufgestellt sind, die manches Wahrscheinliche enthalten. Zunächst wissen wir, dass in der Atmosphäre jederzeit, wenn auch in geringem Maasse, Elektricität vorhanden ist, denn wenn man ein empfindliches Elektroskop mit einer Ladung versieht, so verliert es dieselbe nach längerer oder kürzerer Zeit. Man nahm früher an, dass dies über die isolirenden Stützen des Instrumentes geschieht; diese Annahme ist indess nicht im Stande, den ganzen Elektricitätsverlust zu begründen, da man die Isolation ausserordentlich gut machen kann. Man verwendet zum Nachweis des Vorhandenseins einer Spannungsdifferenz zwischen Atmosphäre und Erde das Exnersche Elektroskop (Abb. 419), bestehend aus einer bei *A'* isolirt befestigten Metallplatte *A*, an der oben zwei dünne Aluminiumblättchen *a b* befestigt sind, welche in Verbindung mit einer gegen Erde isolirten Spitze oder Flamme stehen. Die Blättchen sind in ein geerdetes Gehäuse eingeschlossen und können zum Schutze während des Transportes durch die beiden seitlichen Backen *E E* an die Metallplatte gepresst werden. Befindet sich die Spitze in etwa 1 m Höhe über dem Erdboden, so zeigt das Instrument einen Ausschlag, d. h. die Aluminiumblättchen bilden einen spitzen Winkel, der etwa einer Spannung von 100 Volt entspricht, wie man sich durch eine Aichung überzeugen kann. Nähert man nun der Flamme oder Spitze, welche die Elektricität sozusagen aus der

Atmosphäre saugt, eine geriebene Hartgummistange, die bekanntlich negativ elektrisch ist, so fallen die Blättchen zumeist zusammen, während sie auseinander gehen, wenn wir eine geriebene

Abb. 419.



Das Exnersche Elektroskop.

Glasstange (+ Elektricität) nähern. Dies beweist uns, dass das Elektroskop mit positiver Elektricität aus der Luft geladen wurde; im normalen Zustande enthält die Luft bei trockenem Wetter freie positive Elektricität.

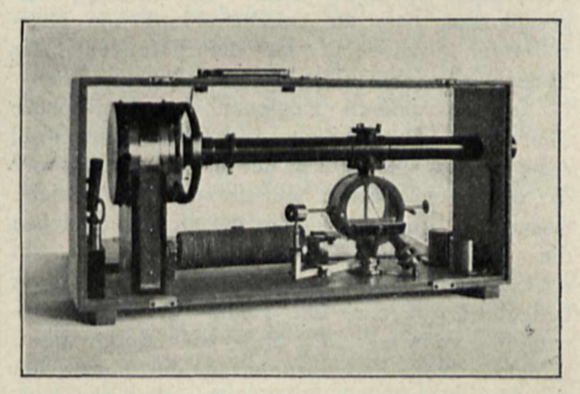
Bereits Franklin hat durch seine Drachenversuche bewiesen, dass zwischen der Erde und höheren Schichten der Atmosphäre beträchtliche Spannungsdifferenzen bestehen können. Bei neueren Versuchen, die Perlewitz angestellt hat, zeigte sich die Nothwendigkeit der Erdung der Winde, mittels welcher der Drache eingeholt werden konnte, infolge des Auftretens mehr oder weniger starker Ströme. Mit einer starken Detonation war einmal eine Entladung verbunden, welche den Draht in seiner ganzen Länge von 3000 m zur Weissglut erhitzte und in einen gelbrothen Dampfstreifen auflöste. Dabei waren zwar Haufenwolken am Himmel, ohne dass sich aber ein Gewitter gezeigt hätte.

Die neuere Elektricitätslehre brachte uns den Begriff der Jonen, jener kleinsten, mit positiver oder negativer Ladung versehenen Elementartheilchen, deren Grösse sich zu einem Sandkorn noch lange nicht so verhält, wie dieses zum Erdball. Wir wissen heute, dass Elektricität weder geschaffen noch vernichtet werden kann, vielmehr immer gleichviel + wie — Elektricität auftritt, und dass sie immer mit Masse vereint ist. Ein chemisches Atom ist aus ebenso viel + wie — Elektronen aufgebaut und hat somit die Ladung Null. Wird ein positives Elektron abgetrennt, so hat man einerseits dieses freie + Elektron, andererseits ein Ion, d. i. ein Atom mit + und — Elektronen, von denen Letztere in der Mehrzahl sind, d. h. das Atom hat negative Ladung. Beide können sich unter dem Einflusse der elektrischen Kraft bewegen. Vom elektrischen Strom sagen wir, dass er + und — Ionen in entgegengesetzter Richtung verschiebe, womit aber immer auch ein Transport von Masse verbunden ist. Solche Ionen, insbesondere die negativen, welche mit geringeren Massen behaftet sind als die positiven und deshalb eine etwa 1,4 mal grössere Geschwindigkeit erreichen können, sind äusserst beweglich. Diese Ionentheorie wurde von Wilson mit Erfolg auch auf die atmosphärische Elektricität übernommen.

Wir nehmen also an, in der Atmosphäre befänden sich ausser den elektrisch neutralen Bestandtheilen auch solche kleinste Körperchen mit verschiedener elektrischer Ladung, vielleicht aus dem von Ebert angegebenen Grunde, dass von radioaktiven Theilen der Erdsubstanz die Bodenluft ionisirt, d. h. in + und — Ionen zerlegt wird, wodurch die ersteren in die Atmosphäre wandern, während die letzteren zurückbleiben und der Erde ihre negative Ladung geben.

Ebert hat einen Apparat gebaut (Abb. 420), den Ionen-Aspirationsapparat, mittels dessen man die Anzahl der in 1 cbm Luft vorhandenen Ionen messen kann. Ein durch Uhrwerk betriebener Aspirator saugt Luft durch eine geerdete Metallröhre, die in ihrem Innern einen isolirten Metallstift enthält, der seinerseits an einem oben beschriebenen Elektroskop befestigt ist. Giebt man nun diesem Elektroskop durch eine aus unechtem Gold- und Silberpapier aufgestapelte Zambonische Säule eine positive Ladung von etwa 200 Volt und lässt den Aspirator arbeiten, so werden die in der durchgesaugten Luft vorhandenen —Ionen, infolge der Anziehung ungleichnamiger Elektricitäten, an den Metallstift gezogen und geben dort ihre Ladung ab, während die + sich an der Röhrenwandung neutralisiren.

Abb. 420.



Eberts Ionen-Aspirationsapparat.

Die Wirkung zeigt sich in einem Rückgang der Ladung des Elektroskopes, registrirt durch einen kleineren Ausschlag der Aluminiumblättchen. Bei negativer Ladung des Instrumentes misst man die Menge der positiven Elektricität und umgekehrt, denn Elektricitätsmenge ist definirt als

das Product aus Spannung (Differenz der Ausschläge) und Fassungsvermögen oder Capacität des Apparates.

Auf diese Weise hat man an vielen Orten der Erde, am Meere, im Hochgebirge, im Luftballon, sowie während der verschiedensten atmosphärischen Verhältnisse die Menge und das Vorzeichen der Elektricität gemessen und gefunden, dass normalerweise über der Erdoberfläche ein elektrisches Feld besteht, dessen Spannungswerthe mit der Höhe zunehmen und an der Spitze des Eiffelthurms bereits 10 000 Volt betragen. Dabei verhält sich die leitende Erdoberfläche, zu welcher in diesem Falle natürlich auch der eiserne Thurm gehört, wie ein negativ geladener Körper. Man darf sich nicht vorstellen, dass die Ladung von der Erde zur Atmosphäre einen plötzlichen Sprung im Vorzeichen (von — auf +) macht, die positive Elektricität ist vielmehr nur die Abnahme der negativen.

Auch die Luft selbst ist schwach radioactiv, kann also selbst + und — Theilchen ausscheiden, wodurch sich das elektrische Feld der Erde mit dem der Luft auszugleichen suchen wird. Diesen elektrischen Ausgleich nennt Lemström Luftstrom. Derselbe ist überall nachweisbar, besonders aber in den Polargegenden, und soll dort das verhältnissmässig schnelle Wachsthum der Vegetation während des kurzen Sommers bedingen.

Der am Boden angetroffene Elektronengehalt hängt mit ab von den Vorgängen in den höheren Schichten der Atmosphäre. Er wächst im allgemeinen sehr rasch mit der Höhe, woraus zu schliessen ist, dass in den höchsten Schichten grosse elektrische Leitfähigkeit herrscht. Die Polarlichter sprechen dafür. Es ist nicht ausgeschlossen, dass die Durchstrahlung von ultraviolettem Sonnenlicht an der Erzeugung der Elektronen mitbetheiligt ist.

In den tieferen Regionen der Atmosphäre überwiegen die positiven Elektronen, was wohl daher rühren mag, dass der negative Erdkörper die negativen abstösst und die positiven anzieht. Besonders über den Bergspitzen, an welchen die Dichte der Erdladung naturgemäss am stärksten ist, überwiegen die + Ladungen ganz bedeutend. Wenn der Föhn, der ein sogenannter Fallwind ist, über die Berge weht, bringt er diese Ladungen mit in die Thäler, um sie dort anzuhäufen. Die Beeinflussung sensibler Naturen durch diesen Wind scheint darin ihre Erklärung zu finden. Auch die Bergkrankheit soll damit zusammenhängen.

Die Ionen werden sehr leicht Kondensationskerne, d. h. das Innere von Nebelbläschen, welche ja immer einen festen Ansatzpunkt haben müssen; durch eine solche Vergrösserung ihrer Masse wird ihnen indessen die Beweglichkeit geraubt. Wolken über der Erdoberfläche, Nebel, verhindern somit die Bewegung positiver Ionen nach der Erde, machen also mit anderen Worten die Luft zwischen Erde und Wolke ionenarm, d. h. verringern ihre Leitfähigkeit auf etwa den zehnten Theil gegenüber reiner Luft, erhöhen aber das normale Potentialgefälle, d. i. die Spannungsdifferenz per Centimeter, welches im Sommer etwa 80—100 und im Winter 150—200 Volt beträgt. Beiläufig sei hier bemerkt, dass die Funkentelegraphie mit denselben Mitteln viel grössere Entfernungen zu überbrücken vermag, wenn die Luft möglichst gut isolirt, also wenn die Atmosphäre etwas neblig ist, während sie an klaren, schwülen Tagen infolge der dann herrschenden starken Ionisation häufig versagt. Ebenso wie die Lichtwellen beim Durchgang durch trübe Medien, können auch die elektrischen absorbirt werden.

Auf künstliche Weise kann man die Luft zum Beispiel durch Bestrahlung mit Röntgenstrahlen, Radium oder ultraviolettem Licht sehr stark leitend machen.

In Spitzbergen fand man die Luft besonders stark leitend, und dies dürfte auch der Grund sein, weshalb es dort keine Gewitter giebt; denn wenn die atmosphärische Elektricität sich auf bequemem Wege ununterbrochen nach der Erde ausgleichen kann, ist eine Ansammlung, die zu einem Gewitter führen könnte, ausgeschlossen.

Die Luft kann stets nur einen ganz bestimmten Betrag von Wasserdampf aufnehmen, der von der Temperatur abhängt und mit ihr wächst. Hat sie so viel aufgenommen wie ihr möglich, so ist sie übersättigt; dies ist beispielsweise bei 18° C. der Fall, wenn sie 15 g Wasserdampf enthält. Man sagt deshalb, für Luft von 15 g sei 18° C. der Thaupunkt, denn wenn die Luft unter diese Temperatur abgekühlt wird, so condensirt der Wasserdampf, d. h. er scheidet in Form kleiner Tröpfchen aus, indem er sich auf Staubtheilchen und Ionen als Condensationskerne niederschlägt und eine Wolke bildet. Zuweilen allerdings kann man die Luft unter den Thaupunkt abkühlen, ohne dass Condensation eintritt; man sagt dann, sie sei übersättigt.

Von Wilson wurde experimentell gezeigt, dass man thatsächlich den in gesättigter Luft enthaltenen Wasserdampf durch Bestrahlung mit den stark ionisirenden Röntgenstrahlen zur Condensation bringen kann.

In der Natur kommt es zuweilen vor, dass infolge Ionenmangels die Condensation nicht auftritt. Da es also ausser Nebeltröpfchen um Staubkörnchen, welche keinerlei Ladung besitzen, auch solche um + oder — Ionen giebt, können wir auf um so ergiebigere Niederschläge rechnen, je mehr Wasserdampf und Ionen die Atmosphäre enthält.

Der Wasserdampf condensirt sich aber immer

lieber um die beweglicheren negativen Ionen und erst bei deren beginnendem Mangel um die positiven. Elster und Geitel haben in gefallenen Regentröpfchen stets elektrische Ladungen gefunden, und zwar in den ersten eines Regenfalles immer negative, was mit obiger Theorie im Einklang steht. Durch die Beschwerung der negativen Ionen mit dem Wasser werden diese, grösser und schwerer werdend, zur Erde gezogen, während die positiven in den Höhen verbleiben. Indem die Schwerkraft entgegen der elektrischen Anziehung die negativen Tröpfchen zur Erde zieht, verkleinert sich die Capacität *(C)*, welche ja dem Abstand der Tröpfchen — oder ihrer Gesammtheit, der Wolke — umgekehrt proportional ist. Da die Elektricitätsmenge *(Q)* eines Tröpfchens, welche leicht 10^{-4} elektrostatische Einheiten betragen kann, unveränderlich ist, muss die Spannung *(V)* nach dem Satze $V = \frac{Q}{C}$ stark anwachsen.

Vor dem Ausbruche eines Gewitters pflegt kein anderes als das normale Spannungsgefälle in der Atmosphäre vorhanden zu sein, eine geladene Wolke aber influenzirt auf dem ihr gegenüberliegenden Theile des Erdbodens, ebenso wie in einer nicht elektrischen Wolke, ein erhöhtes Potentialgefälle.

Die Ursache einer weiteren Spannungssteigerung ist nach A. von Humboldt im Folgenden zu suchen. Der Radius eines Nebeltröpfchens, das sich in höheren Regionen aufzuhalten vermag, beträgt etwa 0,001 cm, und seine elektrische Capacität, welche für Kugeln deren Halbmesser entspricht, ebenso viel. Seine Ladung kann nach Messungen leicht den Werth $5 \cdot 10^{-4}$ elektrostatische Einheiten betragen. Eine Million solcher gleichgeladener Tröpfchen sind als parallel geschaltete Condensatoren aufzufassen und haben als solche eine Capacität von 1000 cm. Vereinigen sie sich zu einem einzigen Tropfen, so beträgt dessen Radius nach einer einfachen Rechnung, ebenso wie seine Capacität, nur 0,1 cm. Seine Ladung hat aber um das Millionenfache zugenommen (auf $5 \cdot 10^2$), die Capacität jedoch nur um das Hundertfache; die Spannung, die das Verhältniss aus Ladung zu Capacität ist, somit um das Zehntausendfache. Sie hat jetzt den Werth $\frac{5 \cdot 10^2}{0,1} = 5000$ elektrostatische Einheiten, welche das Dreihundertfache des Volt sind. Der Tropfen besitzt also eine Spannung von 1 500 000 Volt. Die angegebenen Zahlen sind durchaus mögliche, denn Regentropfen von 4 mm Duchmesser fallen erst mit einer Geschwindigkeit von etwa 7 m in der Sekunde, und man hat vorübergehend sogar solche von 5,2 mm Durchmesser beobachtet, während Nebeltröpfchen zumeist den angegebenen Durchmesser von 0,02 mm haben. Freilich, über die Frage sind wir zunächst noch um eine Antwort verlegen, weshalb plötzlich die vielen kleinen Tröpfchen zu einem grossen werden, wir wissen noch nicht, ob dies Ursache oder Wirkung der elektrischen Spannung ist; zunächst sollte man es eher als Wirkung ansehen, ebenso wie sich beim Springbrunnen durch Annäherung einer geriebenen Siegellackstange die niederstürzenden kleinen Tröpfchen zu grösseren vereinigen. Dies ist dem Bestreben nach Ausbreitung zuzuschreiben, welches der abstossenden Tendenz gleichnamiger Elektricität entspricht, ebenso wie eine elektrisch geladene Seifenblase sich vergrössert. Von diesem Bestreben kann man nach Lodge Gebrauch machen, wenn man während starken Nebels die Luft durch künstliche Ausstrahlungen aus Spitzen ladet. Es bilden sich dann Tropfen, die zur Erde fallen, wodurch der Nebel im Umkreise der Entladung beseitigt wird.

Beobachtungen haben ferner gelehrt, dass es zum Regnen nur kommen kann, wenn die Tröpfchen gross genug sind, um fallen zu können, wozu ungefähr ein Durchmesser von $^1/_2$ mm nöthig ist. Man rechnet bei einer Durchsichtigkeit des Nebels von 50 m auf 1 g Wasser per Cubikmeter Luft, bei 20 auf 3,8 g und bei etwa $1\,^1/_2$ m auf 22 g per Cubikmeter.

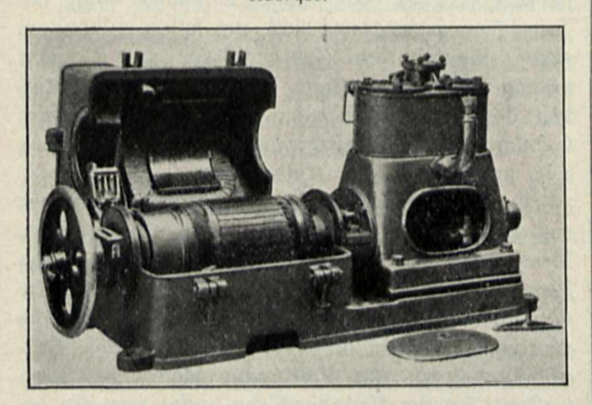
Die positiven Elektronen werden im Sommer von aufsteigenden Luftströmen nach oben geführt. Messungen von Ebert ergaben in der von Haufenwolken hauptsächlich frequentirten Höhe von 2000 m über dem Meere, dass die dortigen Elektronenmengen jene an der Erdoberfläche um das Vier- und Mehrfache übertreffen. An der Erdoberfläche findet man ein bis drei elektrostatische, zumeist positive Einheiten im Cubikmeter, in 4 km Höhe indessen schon mehr als vier Einheiten. Nach Conrad beträgt die in 1 g Wasser einer Haufenwolke enthaltene Elektricitätsmenge $1/36 \cdot 10^{-8}$ Coulomb. Das giebt, da eine dichte Wolke, in welcher man etwa 18 m weit sehen kann, 5 g Wasser per Cubikmeter führt, $1/7 \cdot 10^{-8}$ Coulombs. Damit stimmt nun die im Niederschlag gemessene Elektricitätsmenge von vier elektrostatischen Einheiten $= \frac{4}{30} \cdot 10^{-8}$ Coulombs gut überein. Wenn die negativen Elektronen, um welche der Wasserdampf sich zuerst condensirt, als Regen zu Boden gegangen sind, so bleibt etwa die gleiche Menge positiver Elektricität per Cubikmeter in der Wolke zurück. Eine kugelförmige Wolke von 1 km Radius, deren Mittelpunkt 3 km von der Erde entfernt ist, enthält etwa $4r^3$ cbm, und da jedes Cubikmeter 5 g Wasser mit $1/7 \cdot 10^{-8}$ Coulombs führt, so sind dies 5,5 Coulombs, welche bereits ein Potentialgefälle an der Erde von etwa 11 000 Volt per Meter hervorrufen. Dies ist ein Werth, den Messungen während eines Gewitters ohne Nieder-

schläge bestätigten. Vergrössert sich die Wolke bezw. die Elektricitätsmenge, und kommt noch die Vereinigung vieler Tröpfchen in eines hinzu, so genügt eine Verfünfzigfachung der Spannung, und es entstehen jene ungeheueren Werthe, die sich in kilometerlangen Blitzen auszugleichen vermögen.

Diese von der Ionenhypothese abhängende neueste Gewittertheorie wird gestützt durch die Beobachtung, dass die in 5 g Regenwasser niedergehende Elektricitätsmenge thatsächlich viel geringer ist, als die in der entsprechenden Menge Luft enthaltene, wie Messungen im Ballon gezeigt haben.

Eine ältere, aber vielleicht mit dieser Hand in Hand gehende Theorie, welche von Sohncke stammt, geht von Faradays Entdeckungen aus, nach denen bei Reibung zwischen Wasser und Eis ersteres negativ und letzteres positiv elektrisch wird. Durch Erwärmung der Luft über dem Erdboden bilden sich aufsteigende Luftströme, die, je höher

Abb. 421.



Dampfdynamo zur Zugsbeleuchtung
System L'Hoest und Pieper.

sie kommen, sich um so mehr abkühlen und darum den Wasserdampf auscondensiren. In der Höhe befinden sich häufig, vor dem Ausbruch von Gewittern stets, Cirrhuswolken, welche zufolge der dort herrschenden niederen Temperatur aus feinen Eisnadeln bestehen. Durch die Reibung beim Zusammenstoss entsteht Elektricität, deren Spannungsdifferenz mit zunehmender Entfernung wächst. Darauf, dass der Blitz ja sehr häufig zwischen Wolken überschlägt, nimmt diese Theorie mehr Rücksicht als die früher erwähnte. Die Eisnadeln könnten auch den Stamm der bei Gewitter häufig niedergehenden Hagelkörner abgeben. Andererseits lassen Ballonfahrten bezweifeln, dass die gewaltigen Spannungen in dieser Reibung ihren Grund haben sollten, um so mehr, als bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt Wassertröpfchen und Eisnadeln zusammenfrieren, bezw. über dem Gefrierpunkt die Eiskörnchen mit einer Wasserhaut bedeckt sind und Elektricität durch Reibung nicht mehr auftritt. Auch ist der Grund, warum die positive Eiswolke und die negative Wasserwolke sich entgegen der elektrischen Anziehung von einander entfernen sollen, schwer einzusehen.

(Fortsetzung folgt.)

Die elektrische Beleuchtung der Eisenbahnzüge.

Von Victor Quittner, Ingenieur.

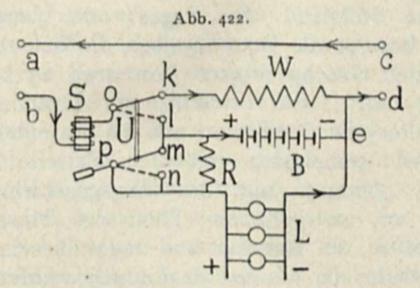
(Schluss von Seite 501.)

Auf der Lütticher Ausstellung waren eine Locomotive und einige Wagen ausgestellt, deren Beleuchtung auf ähnliche Weise, nach dem System von L'Hoest und Pieper, erfolgte. Anstatt der Dampfturbine wird hier eine kleine zweicylindrige Dampfmaschine verwendet; die Maschine hat keinen Regulator, ihre Umlaufszahl ist deshalb veränderlich, je nach der Anzahl der brennenden Lampen, und steigt bis auf ca. 1000 Umdrehungen pro Minute. Im Gegensatz zu so ziemlich allen anderen Systemen liefert die Maschine Strom von constanter Stärke, während die Spannung je nach der Anzahl der Wagen veränderlich ist. Es sind deshalb auch die einzelnen Wagen nicht wie sonst parallel geschaltet, sondern sie liegen alle hintereinander in demselben Stromkreis. Abbildung 422 zeigt die Schaltung eines Wagens. *a b* und *c d* sind die Kabel, die den Wagen mit den benachbarten, ganz gleich eingerichteten Wagen verbinden; am ersten Wagen kommt durch *a b* der Strom von der Locomotive, am letzten wird *c* direct mit *d* verbunden und so der Stromkreis geschlossen. Alle Lampen und Nebenapparate liegen in der Leitung *b d*, während *a c* nur als Rückleitung dient. Ist der Wagen von der Locomotive getrennt oder die Dampfdynamo auf derselben nicht in Betrieb, so erfolgt die Beleuchtung durch die in jedem Wagen vorhandene kleine Accumulatoren-Batterie *B*; der Strom geht von deren + Pol über *m p* zu den Lampen *L* und zum — Pol zurück. Sobald nun die Dampfdynamo anläuft, geht ihr Strom zunächst von *b* durch die Spule *S* des automatischen Umschalters *U*, dann über *o k* und durch den Widerstand *W* nach *d* und zum nächsten Wagen. Der Schalter *U* ist nun so eingerichtet, dass er sich in die punktirte Stellung umlegt, sobald Strom durch die Spule *S* geht. Sobald das geschehen ist, geht nun der Strom von *b* über *S* nach *o l*; dort theilt er sich; ein Theil geht durch die Batterie und ladet dieselbe, der andere durch den Vorschaltwiderstand *R* in die Lampen; bei *e* vereinigen sich beide Theile wieder und gehen durch *d* zum folgenden Wagen. Der Widerstand *R* ist nothwendig, weil die Spannung der Batterie bei der Ladung grösser ist als bei der Entladung; diesen Unterschied gleicht *R* aus. Wird die Stromzuführung aus irgend einem Grunde unterbrochen, so klappt

der Schalter U in die frühere Stellung zurück, und die Batterie übernimmt wieder die Stromlieferung für die Lampen. Wie man sieht, ist die Einrichtung äusserst einfach, so dass ein Versagen kaum möglich ist.

Wir kommen nun zu der dritten Gruppe, zu den Systemen, die die Bewegung des Zuges

Abb. 422.



Schaltungsschema der Zugsbeleuchtung System L'Hoest und Pieper.

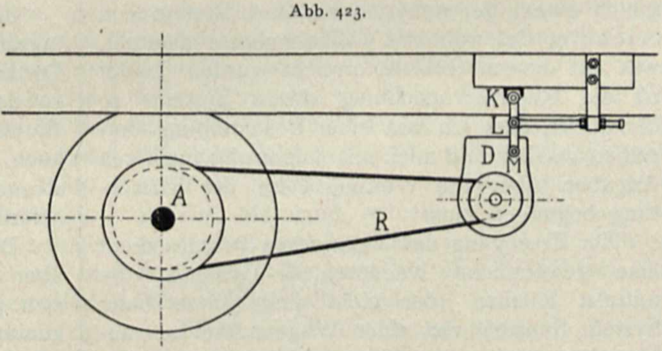
zur Erzeugung des elektrischen Stromes benützen, indem eine Dynamomaschine von einer Wagenachse aus angetrieben wird. Heute, wo die Schwierigkeiten, die sich diesen Einrichtungen entgegenstellten, ziemlich vollständig überwunden sind, dürften diese Systeme wohl die besten von allen sein, und thatsächlich ist ihre Verbreitung in den letzten Jahren so gestiegen, dass sie die Systeme mit reinem Accumulatorenbetrieb schon weit überholt haben.

Wie schon früher erwähnt, liegt die Schwierigkeit, die sich dieser Betriebsart entgegenstellt, in der Unregelmässigkeit der Zugsbewegung. Um eine brauchbare Beleuchtung zu erhalten, muss die Spannung des elektrischen Stromes immer ziemlich constant bleiben, denn die Glühlampen sind gegen Aenderungen der Spannung äusserst empfindlich. Nun ist aber im allgemeinen die Spannung einer Dynamo um so höher, je schneller sie läuft, ja die Spannung nimmt meist schneller zu als die Umlaufszahl der Maschine. Würden wir also die Dynamomaschine für einen Schnellzug so einrichten, dass sie beispielsweise bei einer Zugsgeschwindigkeit von 60 km pro Stunde die normale Spannung von, sagen wir 100 Volt erzeugt, so hätten wir eine gute Beleuchtung, so lange der Zug sich in dieser Geschwindigkeit bewegt. Würde aber z. B. die Schnelligkeit auf offener Strecke gelegentlich auf 90 km pro Stunde erhöht (was sehr oft vorkommt), so würde die Spannung auf etwa 150 Volt steigen, und die Lampen würden vielleicht 3 bis 4 mal so hell brennen. Umgekehrt würde beim Durchfahren einer Station mit 30 km pro Stunde die Spannung auf etwa 50 Volt sinken: die Lampen würden fast garnicht mehr leuchten. Bei Stillstand des Zuges endlich würde die Beleuchtung überhaupt ganz versagen.

Man sieht daraus, dass für eine derartige Zugsbeleuchtung zwei Dinge unerlässlich sind: erstens (ebenso wie bei den früheren Systemen) eine kleinere Accumulatorenbatterie an jedem Wagen, die bei Stillstand des Zuges oder Abtrennung des Wagens vom Zuge die Beleuchtung übernimmt, und zweitens eine Einrichtung, die es ermöglicht, bei ungleicher Zugsgeschwindigkeit die Spannung doch auf gleicher Höhe zu halten. Endlich ist auch noch eine Umschalteinrichtung (wie die oben beim System L'Hoest und Pieper beschriebene) nothwendig, die bei Stillstand oder sehr geringer Geschwindigkeit des Zuges die Batterie einschaltet und bei grösserer wieder abschaltet. Man hat die Lösung dieser Aufgabe auf den verschiedensten Wegen versucht, und wir wollen im Folgenden einige der besten und bekanntesten Systeme kurz beschreiben.

Eine recht originelle Methode der Spannungsregulirung ist bei dem sehr verbreiteten System von Stone angewendet (Abb. 423). Stone betreibt die Dynamo D mittelst Riemen von einer Wagenaxe A aus. Dabei ist die Dynamo nicht fest am Untergestell des Wagens angebracht, sondern sie hängt frei pendelnd an dem Stahlgussrahmen KLM, der bei K und M Gelenke besitzt. Durch das Gewicht der Dynamo wird der Riemen R so stark gespannt, dass er imstande ist, bei der normalen Geschwindigkeit die zur Beleuchtung nothwendige Arbeit von der Axe auf die Dynamo zu übertragen. Fährt aber der Zug schneller, so reicht die Spannung des Riemens nicht mehr aus, und er beginnt auf der Riemenscheibe zu gleiten. Auf

Abb. 423.



Aufhängung der Dynamomaschine beim System Stone.

diese Weise erreicht man es, dass die Umdrehungszahl der Dynamo nicht über die normale steigt, wenn auch der Zug viel schneller fährt, als es dieser entsprechen würde. An Nebenapparaten sind noch vorhanden ein Umschalter, der die Pole der Maschine bei wechselnder Fahrtrichtung vertauscht, sowie ein zweiter Schalter, der die Maschine von den Lampen abschaltet, wenn der Zug still steht oder zu

langsam fährt; in diesem Falle übernimmt, wie bei anderen Systemen, die Batterie die Stromlieferung; während der normalen Fahrt wird sie dann wieder von der Dynamo aufgeladen.

Das System Stone kann sowohl für Zugsbeleuchtung mit einer einzigen Dynamo im Packwagen, als auch für Einzelwagenbeleuchtung mit einer Dynamo für jeden Wagen ausgeführt werden. In beiden Arten ist es sehr verbreitet, besonders sind viele Schlaf- und Speisewagen auf diese Weise erleuchtet.

So einfach auch diese Methode der Regelung der Spannung auf mechanischem Wege ist, so ist man doch aus verschiedenen Gründen wieder davon abgekommen und zieht bei den meisten neueren Systemen die elektrische Regelung vor. Man behält dabei die veränderliche Umlaufszahl der Dynamo bei und regulirt die Spannung durch Einschalten von Widerstand in den Nebenschluss-Stromkreis, der die Magnete der Maschine erregt. Je mehr Widerstand man einschaltet, desto schwächer wird der Strom im Nebenschluss, desto geringer das magnetische Feld in der Dynamo und desto niedriger die Spannung. Die Regulirung der Spannung erfolgt also genau so wie in einer gewöhnlichen elektrischen Anlage; aber während man dort zur Bedienung des Nebenschluss-Regulirwiderstandes fast immer einen Maschinisten oder Schaltbrettwärter verwendet, muss man bei der elektrischen Zugbeleuchtung dazu einen selbstthätig wirkenden Apparat benützen. Der automatische Regulator, der den Widerstand im Magnetstromkreis der Maschine verändert, bildet somit einen Hauptbestandtheil einer derartigen Anlage.

Wir übergehen die zahlreichen älteren und neueren Systeme dieser Art und wenden uns gleich einem der neuesten zu, dem System von Aichele, das wohl das Vollkommenste darstellt, was auf diesem Gebiete erreicht wurde. Leider ist die Reguliervorrichtung dieses Systems so complicirt, dass ich von einer Beschreibung derselben absehen und mich mit einigen allgemeineren Angaben über die Wirkungsweise der Einrichtung begnügen muss.

Zur Erzeugung des elektrischen Stromes dient eine gewöhnliche Nebenschluss-Dynamo, die mittelst Riemen (der nicht gleitet, wie beim System Stone) von einer Wagenachse aus angetrieben wird, deren Tourenzahl daher mit der Zugsgeschwindigkeit zu- und abnimmt. Ausserdem ist natürlich eine kleine Accumulatoren-Batterie vorhanden, die Strom abgiebt, wenn der Zug stillsteht oder sehr langsam fährt.

Der Regulirapparat ist in einen gusseisernen Kasten von 65 × 39 × 19 cm eingeschlossen und wird unter dem Wagen angebracht, so dass er von der Seite aus leicht zugänglich ist. Als Hauptbestandtheile enthält er den Schaltapparat, der die Dynamo einschaltet, sobald die Zugsgeschwindigkeit auf 25 km pro Stunde gestiegen ist, und sie wieder abschaltet, wenn die Zugsgeschwindigkeit unter diesen Betrag sinkt, und den Regulirwiderstand mit Regulirmotor, der bewirkt, dass die Lampen unter allen Umständen dieselbe Spannung erhalten, und der zugleich auch die Wiederaufladung der Batterie besorgt.

Bei Stillstand des Zuges oder langsamer Fahrt besorgt die Batterie allein die Beleuchtung. Bei einer Geschwindigkeit von etwa 25 km pro Stunde wird, wie erwähnt, die Dynamo eingeschaltet und übernimmt nun die Stromlieferung, zunächst gemeinsam mit der Batterie, dann allein. Nimmt nun die Zugsgeschwindigkeit weiter zu, so geht ein Theil des Maschinenstromes in die Batterie und ladet dieselbe auf, so dass ihr der Verlust an Ladung während des vorhergegangenen Aufenthaltes ersetzt wird. Der Regulirapparat bewirkt, infolge seiner eigenthümlichen Schaltung, dass der Ladestrom um so stärker ist, je mehr Lampen brennen; wenn die Batterie daher viel Strom für die Beleuchtung abgegeben hat, so wird sie auch entsprechend stärker geladen. Von der Zugsgeschwindigkeit dagegen ist die Stärke des Ladestromes ganz unabhängig. Der Regulirwiderstand ist dabei so bemessen, dass der Ladestrom nie stärker wird, als es für die Accumulatoren zulässig ist.

Dauert die Fahrt lange Zeit ohne Haltestelle, so ist die Batterie bald vollständig geladen. Sobald das der Fall ist, wird durch einen besonderen Schalter der Ladestrom unterbrochen, wodurch einerseits eine unnütze Stromvergeudung, andererseits eine Beschädigung der Accumulatoren durch zu starke Ueberladung vermieden wird.

Sind keine Lampen eingeschaltet (also etwa tagsüber), so wird der gesammte Strom der Dynamo zur Ladung der Batterie verwendet, so dass man am Abend sicher sein kann, die Batterie in vollgeladenem Zustand zu haben; auch in diesem Falle ist die Stärke des Ladestromes unabhängig von der Zugsgeschwindigkeit, sofern die letztere 25 km pro Stunde übersteigt.

Der grösste Vortheil dieses Systems gegenüber älteren liegt darin, dass das Zugspersonal sich gar nicht um die ganze Einrichtung zu kümmern braucht. Eine Umschaltung von „Ladung“ auf „Licht“, oder von einer Batterie auf eine zweite, wie das bei den meisten früheren Systemen nothwendig war, ist hier nicht vorhanden; es ist daher auch unmöglich, dass man, wenn die Umschaltung vergessen wird, die Batterie nicht geladen hat, wenn man sie braucht. Die ganze Thätigkeit des Zugspersonals beschränkt sich auf das Ein- und Ausschalten der Lampen und den Ersatz von unbrauchbar gewordenen Lampen durch neue. Das System Aichele wird von der Firma Brown, Boveri & Co.

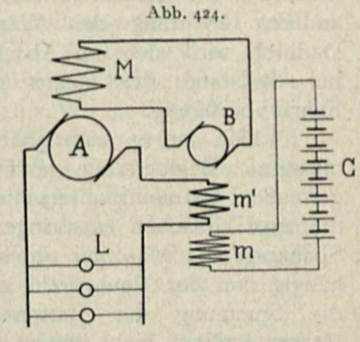
in Baden (Schweiz) ausgeführt; es steht bei den Schweizer Bundesbahnen an mehreren hundert Wagen in Verwendung und hat sich bisher sehr gut bewährt.

Den auffallendsten Gegensatz zu dem eben beschriebenen System bildet ein System, das im letzten Jahre in Deutschland auftauchte, und das berufen zu sein scheint, eine weite Verbreitung zu erlangen, ja vielleicht sogar alle älteren Methoden ganz zu verdrängen; es ist dies das System Rosenberg, das gegenwärtig von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft in Berlin ausgeführt wird. Während Aichele durch eine sinnreiche Combination von selbstthätigen Schaltern und Regulirapparaten es erreichte, dass bei seinem System der Automat alle Schaltungen ausführt und die Batterie ohne jede Nachhilfe von Seiten des Personals bedient, ging Rosenberg bei der Construction seiner Zugsbeleuchtungs-Einrichtung von einem wesentlich anderen Gesichtspunkte aus; sein Ziel war: grösste Einfachheit der ganzen Einrichtung und möglichste Vermeidung aller automatischen Schalter und Regulirvorrichtungen. In diesem Bestreben befand er sich auch in Uebereinstimmung mit der preussischen Eisenbahnverwaltung, die schon vor mehreren Jahren dieselbe Forderung erhob. Es ist nun Rosenberg in der That gelungen, diese schwierige Aufgabe so vollkommen zu lösen, dass seine Schaltung kaum complicirter ist, als die einer gewöhnlichen stationären Anlage, während irgendwelche selbstthätige Schalt- oder Regulirapparate dabei überhaupt nicht verwendet werden.

Das Mittel, durch das Rosenberg zu einem so günstigen Resultat gelangt, ist die eigenartige Construction seiner Dynamomaschine. Betrachten wir, um das Wesen derselben zu verstehen, die Abbildung 424, die schematisch eine Anordnung darstellt, die man als einen Vorläufer der Maschine von Rosenberg betrachten kann. Die beiden Maschinen, die Hauptdynamo A und die Hilfsdynamo B, sitzen auf derselben Achse, sodass sie also stets gleich schnell laufen. Die Hilfsmaschine hat nur den Zweck, den Strom für die Erregung der Magnete M der Hauptmaschine zu liefern, während die letztere ihren Strom an die Lampen L abgiebt. Die Magnete der Hilfsmaschine selbst besitzen zwei Erregerwicklungen; die Hauptwicklung m wird von dem immer gleichstarken Strom durchflossen, den die Batterie C liefert. Ihr wirkt entgegen die sogenannte „Compoundwicklung“ m', die vom Strom der Hauptmaschine durchflossen wird. Dabei ist die Wicklung m' so bemessen, dass sie selbst beim stärksten Strom die Wirkung der Wicklung m wohl schwächen, aber niemals ganz aufheben oder gar umkehren kann. Die Magnete von B sind daher immer im selben Sinne erregt. Wird nun die Drehrichtung beider Maschinen umgekehrt, so liefert die Hilfsdynamo Strom von entgegengesetzter Richtung wie vorher. Dadurch werden die Magnete der Hauptdynamo im entgegengesetzten Sinne magnetisirt, und die Maschine sollte daher Strom in entgegengesetzter Richtung liefern. Nun ist aber zugleich auch die Drehrichtung der Hauptmaschine umgekehrt worden, und dadurch wird ebenfalls die Richtung des von ihr gelieferten Stromes umgekehrt. Man erkennt also: die Stromrichtung wird zweimal umgekehrt, das heisst, sie bleibt dieselbe wie vorher. Unsere Maschinencombination besitzt also die für das Zusammenarbeiten mit den Accumulatoren unentbehrliche Eigenschaft, bei wechselnder Drehrichtung (entsprechend wechselnder Fahrtrichtung des Zuges) stets Strom von gleicher Richtung zu liefern.

Aber unsere Anordnung besitzt noch eine weitere sehr wichtige Eigenthümlichkeit. Denken wir uns zunächst, der Zug fahre mit normaler Geschwindigkeit und die Dynamo A sei so berechnet, dass sie bei dieser Geschwindigkeit gerade die richtige Spannung für die Lampen liefert. Fährt nun der Zug schneller, so wird die Spannung und damit auch die Stromstärke der Hauptmaschine wachsen. Dadurch wächst aber auch die Wirkung der Spule m', das Magnetfeld der Hilfsmaschine wird geschwächt, ihr Strom nimmt ab, und damit vermindert sich auch die Magneterregung der Hauptmaschine, was eine Schwächung des von ihr gelieferten Stromes zur Folge hat. Sind alle Wicklungen richtig dimensionirt, so kann man auf diese Weise erreichen, dass die von der Hauptdynamo gelieferte Spannung fast genau constant bleibt, ob die Maschine schnell oder langsam läuft; wie weiter oben erwähnt, ist das ebenfalls eine Forderung, die man an eine brauchbare Zugsbeleuchtung stellen muss.

Abb. 424.



Anordnung zur Veranschaulichung der Zugsbeleuchtung System Rosenberg.

Es ist nun Rosenberg gelungen, diese Einrichtung ganz wesentlich zu vereinfachen, indem er Haupt- und Hilfsdynamo so vollständig in eine Maschine vereinigte, dass beide Maschinen alle Hauptbestandtheile (Anker, Magnete) gemeinsam haben. Nur die Bürsten zur Abnahme des Stromes besitzt jede Maschine für sich. So entsteht die Rosenbergsche Zugsbeleuchtungsdynamo, die er selbst eine „zweiphasige Gleichstrommaschine“ nennt, da sie in analoger Weise wie eine zweiphasige Wechselstrommaschine zwei Ströme in demselben Anker erzeugt. In dieser

Form ist die Maschine kaum complicirter als eine gewöhnliche Dynamo, und sie sieht auch, von einigen Einzelheiten abgesehen, genau so aus wie eine solche; nur dass sie, wie erwähnt, die doppelte Anzahl von Bürsten besitzt.

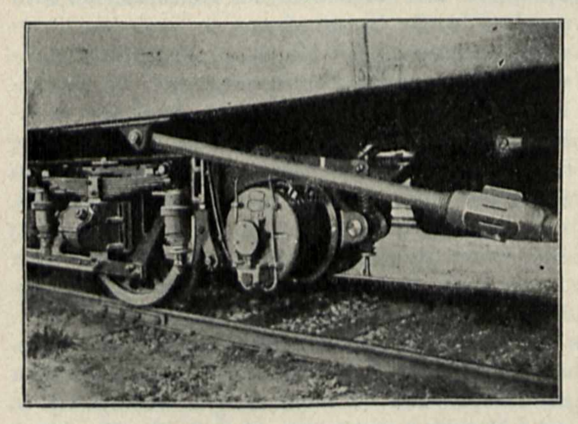
Abb. 425.

Vereinfachtes Schaltungsschema der Zugsbeleuchtung System Rosenberg.

Zu einer brauchbaren Einrichtung ist jetzt noch erforderlich, dass ein Zurückfliessen von Strom aus der Accumulatorenbatterie in die Maschine bei Stillstand der letzteren nicht stattfinden kann. Um auch hier ohne alle Schaltapparate auszukommen, verwendet Rosenberg dazu eine Graetzsche Aluminiumzelle (*A* im Schema Abb. 425); eine solche Zelle hat bekanntlich die Eigenschaft, den Strom nur in einer Richtung durchzulassen (hier von der Maschine zur Batterie), ihm dagegen in der anderen Richtung den Weg zu versperren)*. Dadurch wird also ein Abschalten der Dynamo bei Stillstand des Zuges oder zu langsamer Fahrt überflüssig.

Endlich ist es zur Erzielung einer gleichmässigen Beleuchtung noch nothwendig, die geringen Spannungsunterschiede auszugleichen, die zwei Ursachen entspringen: einmal, weil die Spannung der Maschine doch nicht ganz unabhängig von der Tourenzahl ist, und dann, weil die Spannung der Batterie bei verschieden starker Ladung nicht ganz gleich bleibt. Zum Ausgleich dieser relativ kleinen Unterschiede

Abb. 426.



Anordnung der Dynamo am Wagenuntergestell beim System Rosenberg.

benutzt Rosenberg die schon bei einem älteren System besprochenen Widerstände aus Eisendraht, so dass auch hier jede mechanische Regulirvorrichtung fehlt. In der Abbildung sind diese Widerstände, die vor die Lampen *L* geschaltet sind, mit *W* bezeichnet.

Die Rosenbergsche Zugsbeleuchtungseinrichtung wird von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft als Einzelwagenbeleuchtung und Zugsbeleuchtung ausgeführt. Das letztere System wird z. B. auf den preussischen Staatsbahnen zur Beleuchtung einiger D-Züge verwendet. Die Dynamo ist dabei direkt auf eine Axe des Gepäckwagens gesetzt; sie hat eine Stärke von 20 Pferdekräften, was für eine sehr reichliche Beleuchtung des Zuges genügt. Auch bei den bayrischen Staatsbahnen sowie im Ausland steht das System von Rosenberg in Anwendung, und die Hoffnung erscheint berechtigt, dass uns gerade dieses System, dank seiner ausserordentlichen Einfachheit, unserem Ziele, der allgemeinen Einführung der elektrischen Zugsbeleuchtung, um ein Bedeutendes näher bringen wird. [10018]

*) S. *Prometheus*, XVI. Jahrg., S. 733.

Pilzringel und Pilzwurzeln.

Von Professor Dr. FRIEDRICH LUDWIG.

Mit zwei Abbildungen.

Der nasse Herbst des Jahres 1905 trieb aus dem Boden unserer Wälder einen Pilzreichthum und eine Mannigfaltigkeit von Pilzgestalten und Pilzfarben heraus, wie ich sie seit meiner Knabenzeit nicht wieder sah, und es sind heuer 40 Jahre her, seitdem ich an der Hand des Pilzbuches von Harald Lenz die ersten Schwammjagden mit meinen Mitschülern am Schleusinger Gymnasium unternahm. Seitdem bin ich passionirter Pilzjäger und freue mich alljährlich der schöpferischen Urkraft im herbstlichen Walde.

Gar manche wunderliche Pilzgestalt fand und beschrieb ich in dieser langen Zeit — gleich meinem Freunde Schulzer von Müggenburg zu dem Schlusse kommend, „dass in der Pilzwelt keine Gestaltung unmöglich sei“, und doch immer von neuem wieder vor neuen Wundern ausrufend: „Ist denn das möglich!“ Gar manche Beobachtung machte ich da über die Phänologie der Pilze, welche mit den Lehren der Schulweisheit und Stubengelehrsamkeit unvereinbar war. So fand ich seltene Arten oft in Pausen von fünf und mehr Jahren an demselben Standort wieder, wo sie in der Zwischenzeit fehlten; und doch sollte, so hatte ich gelernt, das Mycel einfach unter der Walddecke, trotz Hitze und Trockenheit im Sommer und starker Fröste im Winter, perenniren. Von jeher fesselten meine Aufmerksamkeit die regelmässigen Pilzringel, die sogenannten Hexenringe, Elfen- oder Feenringe, wie sie die Sage nennt, die ich zu Tausenden sah, und von denen manche wahrhafte Riesendimensionen hatten. Ueber sie ist so viel geschrieben worden; aber nirgends fand ich eine Erklärung, welche für die Mehrzahl der von mir

beobachteten Hexenringe annehmbar gewesen wäre. Die übliche Erklärung für die so merkwürdige Anordnung der Hutpilze in mehr oder weniger regelmässigen Kreisen ist die, dass das Mycelium der Pilze, welches aus den dem Hut entfallenden Sporen auskeimt, regelmässig centrifugal weiter wächst, um dann zur Fruchtzeit an der Peripherie — dem Ort des noch nicht erschöpften Nährbodens — die bekannten Fruchtkörper, die Hutpilze, zu bilden. So kämen die Ringe des Champignons und des Suppenpilzes (*Agaricus oreades*) etc. auf Wiesen zu Stande. Thatsächlich beobachtet man nicht selten eine solche kreisförmige Ausbreitung oberirdischer Schimmelformen (Schneeschimmel etc.) auf dem Boden, auf Rinde, wie auch die Mycelien parasitischer Pilze im Blatt sich kreisförmig ausbreiten und — wie z. B. bei manchen Rostpilzen — peripherisch hervorbrechend Fruchtkörper in Ringform bringen. Freilich will es nicht Jedem einleuchten, dass auf solche Weise Hexenringe von zehn und mehr Meter Durchmesser entstehen sollen, und man suchte daher die grösseren Pilzringel auf Wiesen damit zu erklären, dass Jauche oder anderer Dünger, im Kreise ausgeschüttet, die erhöhte Ueppigkeit des Graswuchses wie das ringförmige Auftreten der Pilze veranlasst hätte. Für die Entstehung mancher Pilzringel auf Wiesen und Feldern ist sicher dies letztere die wahre Ursache, wie für andere, kleinere Ringel das centrifugale, regelmässige Wachsthum des Pilzmycels; für die Mehrzahl der Pilzringel im Walde aber sicherlich nicht, wie ich gleich darthun werde. Mehr der Curiosität halber erwähne ich hier die Ansicht Michaels, dessen vorzügliche Pilzabbildungen die Schwammkunde in den letzten Jahren so volksthümlich gemacht haben, und der sich hierdurch ein grosses Verdienst erworben hat. Derselbe sagt über die Pilzringel im Walde: „Diese Hexenringe entwickeln sich eben nur an solchen Stellen, wo die Düngerstoffe kreisförmig abgelagert wurden, denn die Waldthiere bewegen sich beim Urinlassen, ruhig weiter äsend, häufig im Kreis." Hexenringe im Durchmesser von 30—40 Schritt, innerhalb deren zahlreiche jüngere Bäume stehen, aber weder Gras noch Moos wächst, sich nur Nadeln befinden, wie ich sie z. B. beim Lilaschwamm (*Inoloma traganum*) fand, dürften so doch wohl nicht zu erklären sein.

Abgesehen von den parasitischen Pilzen (*Hallimasch, Pholiota adiposa, Polyporus annosus, vaporarius betulinus* u.s.w. u.s.w.), deren Mycel im Holz lebender Bäume perennirt, den koprophilen und saprophilen Arten, die auf Wildlosung, alten Stöcken im Laub u. s. w. leben und in besonderen Dauerzuständen (*Sklerotien, Xylostroma, Rhizomorpha*) oder Nebenfruchtformen überwintern, gehört die grosse Mehrzahl der Schwämme unserer Wälder zu den Mykorrhizabildnern, d. h. ihre Mycelhyphen bilden bei allen unseren Waldbäumen, Coniferen, Capuliferen u. s. w., wie auch bei der Heide, Heidel- und Preisselbeere und bei den Waldkräutern jene innige Vereinigung mit den äussersten Würzelchen, die man als Pilzwurzel oder Mykorrhiza bezeichnet. An und mit den Wurzeln jener Pflanzen und vor allen denen der Waldbäume lebt das Mycel unserer Waldpilze jahraus jahrein, hier perennirt es. Von hier aus wächst es zur Schwammzeit in den Waldboden hinaus und bildet vergängliche Mycelien und Fruchtkörper. Besonders geschieht dies dann, wenn der Mykorrhizabaum erkrankt, abstirbt, abgehauen wird; bei besonderen Witterungsverhältnissen wächst es aber allem Anschein nach auch aus den Wurzeln gesunder Bäume heraus. So trifft man z. B. Steinpilze (*Bol. edulis*) in ganz besonderer Menge da, wo neue Waldwege, Waldgräben angelegt wurden, unweit der dabei verletzten Fichtenwurzeln u. s. w., während von den unverletzten Bäumen oft jahrelang kein Steinpilzmycel zur Fruchtbildung entsendet wird.

Die überwiegende Anzahl von Pilzringeln, welche ich im Walde beobachtete, entspricht dem äusseren Wurzelbereich (den Mykorrhizen) von Bäumen oder Baumstümpfen, wird veranlasst durch die Lage der peripherischen Mykorrhizen im Boden. Daher bildet bei solchen Hexenringen immer ein Baum oder ein Baumstumpf oder die Stelle, wo ein solcher stand, das Centrum des Ringes.

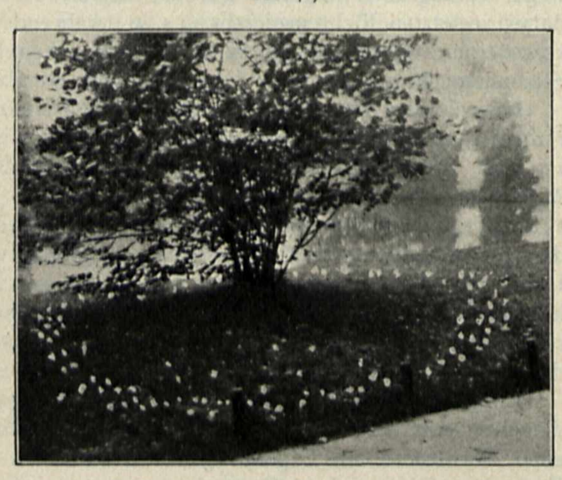
Einige Beispiele mögen zur Erläuterung dienen. Am 11. Oktober 1903 fand ich auf einer Waldwiese am Lugenberg bei Greiz einen Ring vom Giftreizker (*Lactarius torminosus*) von zwölf Schritt Radius im äussersten Wurzelbereich einer alten Birke, die im Centrum stand. Der Pilz ist, wie sonst häufig Capuziner (*Boletus scaber*) und Rothhäubchen, specifischer Mykorrhizapilz bei der Birke, sein Vorkommen daher streng an die Birke gebunden. Der Fliegenpilz (*Amanita muscaria*), der jedoch auch bei Fichten u. s. w. Mykorrhizen bildet, ist ebenfalls steter Begleiter der Birke und findet sich unweit vom Wurzelbereich derselben, nicht selten Theile eines Pilzringels bildend.

Die Abbildung 427 stellt den Hexenring eines Milchpilzes (*Lactarius insulsus*) dar, den ich im fürstlichen Park in Greiz am 20. September fand. Der Ring entspricht den Mykorrhizen eines Blutnussstrauches (*Corylus tubulosa*) und hatte sieben Schritt Durchmesser; der Rasen, welcher zwischen Weg und Parksee liegt, zeigte ausserhalb des Ringes (in dem ich 197 Fruchtkörper des Pilzes zählte) nirgends eine Spur des Pilzes. Die einzelnen Orte des Pilzes habe ich, da sie auf der Photographie nicht scharf hervortraten, am 30. September an Ort

und Stelle möglichst sorgfältig durch weisse Tinte eingetragen.

Den Hohlfussröhrling *(Boletus cavipes)* traf ich um Greiz häufiger immer an denselben Standorten, wo er aber fünf und mehr Jahre aussetzte, so zuletzt in Unmenge am 2. October 1905 am „Heiteren Blick“ bei Neumühle a. d. Elster ausschliesslich im Wurzelbereich alter Lärchen und namentlich im Umkreis von Lärchenstöcken, wo er auch hübsche Ringel bildete. Ebenso fand ich allenthalben um Schleusingen und Greiz den zierlichen Röhrling *(Boletus elegans)* unter Lärchen, am 2. October 1905 bei Knottenmühle an einer Lärchenallee um eine alte Lärche in weitem Hexenring, der sich von der Strasse durch die kurzbegraste Strassenböschung und ein angrenzendes Stoppelfeld hindurchzog. Zahlreiche Hexen-

Abb. 427.



Pilzringel um einen Blutnussstrauch.

ringe des geschmückten Gürtelfusses *(Telamonia armillata)*, meist von 3—4 m Durchmesser, fand ich am 24. September 1905 am Waldhaus bei Greiz meist um kränkliche Kiefern oder Fichten angeordnet, einmal mit einer Ulme im Centrum, in zwei Fällen die Ringe durch einen steinigen, festen Fussweg unterbrochen. Hier, wie bei dem Boletusring um die Lärche am Feld, würde eine gleichmässige, kreisförmige Ausbreitung eines feinfädigen Mycels bei der ganz ungleichartigen Beschaffenheit des Untergrundes (Wald, Weg, Strasse, Böschung, Feld) unmöglich sein.

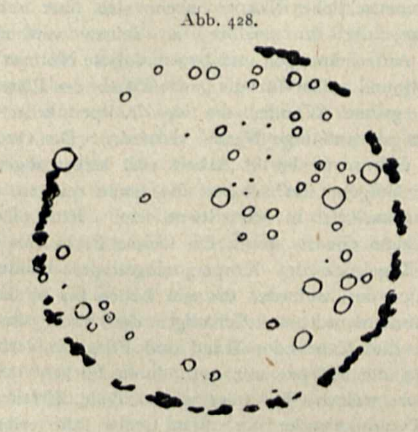
Am 18. September 1905 fand ich auf der Idahöhe bei Greiz eine ganze Anzahl Hexenringe vom Krämpelpilz *(Paxillus involutus)*, Knollenblätterschwamm *(Amanita phalloides)* und anderen Agaricineen immer um Stöcke oder absterbende Stämme von Kiefern und Fichten im weiten Umkreis der Mykorrhizen gruppirt; am 3. October 1905 solche von *Cantharellus cinereus* mit Hunderten von Fruchtkörpern, wie auch eine Menge kleiner, aber sehr regelmässiger Pilzringel von *Clitocybe* um Fichten und Fichtenstöcke als Mittelpunkte. Den falschen Eierschwamm *(Cantharellus aurantiacus)* traf ich am gleichen Tage in einem gemischten Bestand aus Fichten und Kiefern, wo der Boden nur mit Nadeln bedeckt war, in grosser Menge, immer aber nur in Gruppen um bestimmte Fichten oder Kiefern herum bis zu einem gewissen Umkreis. Dieser Pilz kommt schon sehr nahe am Stamm vor; einzelne, aus sehr zahlreichen Individuen gebildete, ausgeprägte Hexenringe zeigten aber, dass es sich auch bei ihm um einen Mykorrhizabildner handelte.

Ob im Wald überhaupt Hexenringe nicht Mykorrhiza bildender Pilze — einfach durch strahlige Ausbreitung fädiger Mycelien — vorkommen, ist mir zweifelhaft. Eine andere Frage ist jedoch die, ob von dem Mykorrhizabereich alter Stöcke aus nicht doch die Pilze durch weitere centrifugale Ausbreitung des Mycels grössere Hexenringe bilden können. Eine solche Ausbreitung ist wohl erwiesen für einen Schmarotzerpilz unserer Nadelwälder, den Wurzelschwamm *(Rhizina undulata)*, welcher die sogenannte Ringseuche der Fichten, Kiefern, Lärchen, Tannen verursacht und junge und alte Bäume tötet. Hier treten aus den kranken Wurzeln rhizoctonienartige Stränge und fädiges Mycel aus, die unterirdisch, centrifugal die Krankheit verbreiten, so dass die Bäume auf grösseren kreisförmigen Flächen absterben, kreisförmige Fehlstellen entstehen. Und in manchen Fällen echter Hexenringbildung, in Wäldern, wo zahlreiche jüngere und ältere Bäume von dem Ring umschlossen werden, möchte man gleichfalls an solche weitere centrifugale Ausbreitung des Mycels von den Wurzeln alter Stöcke aus denken. Solche Hexenringe habe ich mir z. B. aufgezeichnet Anfang September 1873 in trockenen Fichtenwäldern auf Buntsandstein bei Geisenhöhn bei Schleusingen. Abbildung 428 stellt die Aufnahme eines derartigen Hexenringes des derben Stachelpilzes *(Hydnum compactum)* dar, welcher einen Durchmesser von elf Schritten hatte. Die Fruchtkörper sind dunkel gezeichnet, während die hellen Kreise im Innern jüngere und ältere Fichten, die Punkte einige wenige Exemplare anderer Pilze von *Lactarius rufus, Agaricus collinitus* und einem *Tricholoma* darstellen, ein zweiter Ring des *Hydnum compactum* hatte sieben Schritt Durchmesser (von *H. tomentosum* traf ich ähnliche Pilzringel dieses Jahr bei Greiz). Ringe vom Sandpilz *(Boletus variegatus)* mit elf und zwölf Schritten Durchmesser zeigten ein ähnliches Verhalten. — Uebrigens können auch bei einer Reihe parasitischer Pilze, welche zuerst

im äusseren Wurzelbereich der Bäume gleich den harmlosen Mykorrhizabildnern auftreten und von da aus erst in den Stamm eindringen, ringförmige Anordnungen im weiteren Umfang um den Stamm entstehen, so beim Schwefelkopf (*Hypholoma fasciculare*), dem Hallimasch (*Armillaria mellea*) und namentlich bei dem Urheber einer Rotfäule der Nadelhölzer, dem Schweinitzporling (*Polyporus sistotremoides = P. Schweinitzii*).

Gehen wir noch etwas näher auf die Pilzwurzel (*Mykorrhiza*) ein, so bezeichnet man diese als äussere (ektotrophe) oder innere (endotrophe), je nachdem die Wurzeln, wie bei den meisten Cupuliferen (Eschen, Buchen, Haselnuss etc.), Weiden, Pappeln, Birken, Linden, Nadelhölzern mit einem äusseren Pilzmantel versehen sind, oder wie bei Heidelbeeren, Preisselbeeren, Heide- und vielen Kräutern, im Innern von Pilzhyphen durchzogen werden. Bei der Kiefer und wohl auch bei anderen Pflanzen können sowohl äussere wie innere Mykorrhizen auftreten, am einzelnen Baum können gleichzeitig mehrere Pilzspecies bei der Mykorrhizenbildung betheiligt sein, doch traf ich gerade unter den von Hexenringen umschlossenen Bäumen viele, die nur einen einzigen Mykorrhizenbildner hatten, in deren Wurzelbereich sich kein anderer Pilzfruchtkörper fand, als solche der betreffenden Art. Es wird hier durch Beobachtung während des ganzen Jahres möglich sein, für die einzelnen Baumindividuen die mykorrhizenbildenden Arten festzustellen, dabei vielleicht auch zu ermitteln, welche Pilzspecies die zuträglichsten Mykorrhizabildner für die Kiefer, Fichte etc. sind. Der Forstmann könnte dann eine Art Zuchtwahl treiben und gewisse Pilze zulassen, wie umgekehrt der Pilzfreund durch Verpflanzung junger Bäume gewisse Speisepilze etc. in derselben Weise zum häufigsten Pilze ganzer Waldflächen machen könnte, wie dies bekanntlich durch die Trüffeleichen bezüglich der Perigordtrüffel und anderen Trüffelarten längst geschieht. Auch dürfte nach alledem, was wir über die Mykorrhizen wissen, eine Sporenaussaat vieler Pilze nur dann von Erfolg sein, wenn sie in der Nähe der betreffenden pilzwurzelbildenden Bäume etc. gemacht wird (bekanntlich ist es Brefeld bei den Hutpilzen in der Mehrzahl der Fälle nicht gelungen, die Sporen auf Nährlösungen etc. zur Keimung zu bringen). — Die Bedeutung der Mykorrhizabildung für die wurzelbildende höhere Pflanze ist nach neueren Untersuchungen hauptsächlich in der Uebermittelung der Nährsalze des Bodens zu erblicken. Stahl hat gezeigt, dass die Mykorrhizabildung, die fast in allen Pflanzenfamilien (mit Ausnahme der Nelkengewächse, Rietgräser, Rhoeadineen, Polypodiaceen) sich findet, besonders vom Standort abhängig ist und namentlich auf dem an Nährsalzen armen Humusboden die Regel bildet. Der Sinn der Mykorrhizabildung ist nach ihm der, dass die an humusreiches Substrat gebundenen „mykotrophen“ Pflanzen den Kampf um die Nährsalze mit anderen Pilzen aus eigenen Kräften nicht bestehen können, es aber verstanden haben, sich gewisse Pilze tributär zu machen, durch die sie des selbstständigen Nährsalzerwerbes mehr oder weniger enthoben werden. Bezüglich der Art und Weise, wie sie den Pilzen in der Mykorrhiza die verarbeiteten Salze entnehmen, hat sich die Ansicht Franks bestätigt, der, wie bei den Wurzelknöllchen (mit Bakterien) bildenden Leguminosen, Elaeagnaceen, Erlen, auch bei den Mykorrhizabildnern von einem „Pilzfressen“ redet. Werner Magnus, K. Shibata u. A. haben das bestätigt. Werner Magnus fand in den Wurzeln der Nestwurz, jener bekannten Orchidee der Kalkberge, eine streng

Abb. 428.



Pilzringel des derben Stachelpilzes.

geordnete mutualistische Symbiose. Unter der Epidermis findet sich eine pilzfreie Rindenschicht, darunter zu äusserst und zu innerst eine Schicht von Verdauungszellen, und zwischen beiden eine Schicht von Pilzwirthszellen. In letzteren wird der Pilz ernährt und tritt als Parasit auf in ringförmig angeordneten Hyphenästen und zuletzt umrindeten Hyphen, die nach dem Tode der Wurzeln frei werden und Neuinfection bewirken können. In den Verdauungszellen bildet der Pilz erst einen dichten Hyphenknäuel, der die Zelle ganz erfüllt, er degenerirt sodann, wird vom Protoplasten der Zelle getötet, verdaut und in Klumpen excrementirt. Die Pflanze ist eine pilzverdauende. Vermuthlich sind es die aus dem Boden aufgenommenen Ammoniaksalze, die durch ihn assimilirt und der Pflanze übermittelt werden. Bei der Nestwurz findet sich noch ein zweiter Pilz, der die Rolle eines Parasymbionten spielt, indem er die excrementirten Pilz- und Plasmareste, die sogenannten Klumpen, aufzehrt. K. Shibata

hat in gleicher Weise bei anderen endotrophen Mykorrhizen (bei *Psilotum*, *Podocarpus* etc.) Pilzwirthszellen und Pilzverdauungszellen festgestellt und in den Mykorrhizazellen ein proteolytisches Ferment nachgewiesen. Durch diesen Nachweis eines typischen Verdauungssaftes ist die Auffassung der Mykorrhizaernährung als eine der Fleischverdauung höherer Pflanzen analoge Pilzverdauung vollends bestätigt worden. Die Pilze der Pilzwurzeln aber finden in diesen nicht nur vorübergehend volle Ernährung, sondern auch eine Herberge, eine Stätte, die gegen Frost und Hitze gleich geschützt ist, von der sie dann in besseren Tagen in den Waldboden hinauswachsen, um ihre vollendeten Formen anzunehmen. [9049]

RUNDSCHAU.

(Nachdruck verboten.)

Der menschliche Körper macht sich über zahlreiche Ereignisse, die ihn treffen, an seinen verschiedenen Organen Aufzeichnungen und bewahrt diese Notizen oft für lange Zeit und selbst für die ganze Dauer des Lebens auf. Eine grosse Wunde, die der Körper erlitt, bleibt zeitlebens als auffällige Narbe vermerkt. Die Gedanken, die das Gehirn in harter Arbeit sich selbst abgerungen, und die Sorgen, die schwer die Seele quälten, graben ihre Runenschrift in die Stirne ein. Ein plötzlicher Schreck kann ebenso durch die weisse Farbe des Haares in das Tagebuch des Körpers eingetragen werden, wie die Summe der Mühsale, die ein Leben bis in das hohe Alter zusammensetzen. Schädigte der Frost eine Ohrmuschel, die Nase oder Hand und Fuss, so verzeichnet auch dies der Körper mit besonderen Farben. Aber er geht noch weiter. Er trägt diese übele Erfahrung in seinen Terminkalender ein. Und jedes Jahr erinnert er rechtzeitig, ehe noch der Frost selbst wieder mit vollem Grimme eingezogen ist, seinen Besitzer durch eine leichte Andeutung von Entzündung, dass jetzt wieder dieselbe Gefahr droht, und ermahnt ihn bei Zeiten, diesmal mehr auf der Hut zu sein. Auch über manche Liebhabereien seines Gebieters führt der Körper öffentlich Buch, und manchem Verehrer eines guten Tropfens sind diese Notizen wegen ihrer unerwünschten Dauerhaftigkeit recht verhasst.

Für seine Schreibkünste steht dem Körper ausser Weiss und Schwarz die ganze Farbenfülle des Regenbogens zur Verfügung, in Tinten der vergänglichsten und unvergänglichsten Art. Sehr zahlreiche Buchungen dieser Art entgehen uns aber, da sie nicht die unbedeckten Theile der Körperoberfläche als Schreibfläche wählten oder in Farben geschrieben wurden, die von der Hautfarbe sich nicht unterscheiden, oder, wie sehr oft, an inneren Organen geschahen.

Im allgemeinen betreffen aber diese Registrirungen nur einmalige Ereignisse oder längere Zeit fortdauernde Einwirkungen. Regelmässige, periodische Notizen finden sich nicht darunter. Zu diesen wäre auch ein complicirterer Schreibapparat erforderlich. Will der Techniker oder Physiologe periodisch wiederkehrende Vorgänge verzeichnen, z. B. die Schwankungen des Barometers oder den Ablauf einer Reihe von Athemzügen, Pulsschlägen oder Muskelzuckungen, so wird meist ein langes Band benutzt, auf dessen vorbei rotirender Fläche ein Schreibhebel die auf- und niedergehenden Phasen des betreffenden Vorganges einträgt. Sehr häufig wird das weisse Band berusst, so dass der feine Schreibhebel seine Kurven als weisse Linien einkratzt. Das berusste Band wird um eine aufrecht stehende, rotirende Trommel gewickelt. Dieses Instrument wurde von dem genialen Physiologen C. Ludwig erfunden und von A. W. Volkmann Kymographion oder Wellenzeichner getauft. Eine ganz ähnliche Vorrichtung ist das aufgewickelte, schmale Papierband am Morseschen Telegraphenapparat, auf das dann beim Telegraphieren Punkte und Striche als Morsezeichen eingetragen werden.

Der menschliche Körper besitzt nirgends ein Kymographion oder einen Morseapparat, und doch hat er diese Apparate in ihrer Hauptsache schon viele Jahrtausende vor Ludwig und Morse benutzt. Es ist ja schon mehrfach so gegangen, dass glänzende Erfindungen unserer Technik sich in viel vollkommenerer Weise längst im menschlichen Körper verwirklicht fanden. Nur wurde man sich darüber erst klar, nachdem die Technik selbständig auf die gleiche Idee gekommen war. Die niedliche Detectivcamera des Photographen war längst im Auge vorhanden, nur sehr viel vollkommener nach jeder Seite ausgeführt, und Harfe und Clavier waren ebenso schon im Ohre vorgebildet.

Wo findet sich nun an unserem Körper das lange, schmale, langsam abrollende Papierband des Morseapparates? Es findet sich an unseren Fingern. Das Band ist zwar nicht weiss, sondern rosa. Die Schrift ist nicht schwarz, sondern weiss. Das Band ist nicht dauernd in seiner ganzen Länge vor und nach der Eintragung der Notizen vorhanden, sondern nur ein kleiner Ausschnitt des Bandes steht jeweils zur Verfügung. Das Band ist nicht über eine Trommel gespannt, sondern über eine kurze, nur wenig gewölbte Fläche und rollt sich nur ausserordentlich langsam ab. Dieses Band ist der menschliche Fingernagel.

Der Nagel des Menschen ist ja nur deshalb so kurz, weil er dauernd beschnitten wird oder durch die Arbeit sich abnutzt. Bliebe er sich selbst überlassen, so würde er bei einem fünfzigjährigen Erwachsenen etwa die Länge von 2 m besitzen. Und dieses 1—1½ cm breite und 2 m lange Band aus festester Hornsubstanz, die noch widerstandsfähiger als unser bestes Schreibmaterial, das Pergament, ist, bildet in der That einen vortrefflichen Morsestreifen. Wo der Mensch die Hände nicht zur Arbeit gebraucht, sondern nur zur Pflege als Schönheitsobjecte, da erreichen die Nägel ja auch bei uns zu Lande noch ganz nette Längen, und manche indische Fürsten übertreffen selbst den Struwelpeter, und ihre Nägel werden zu wahren Bändern, die sich schliesslich spiralig rollen und auch dadurch den aufgerollten Morsestreifen noch ähnlicher werden.

Worin besteht nun die Morseschrift, die auf diesem Bande verzeichnet wird? Beobachtet man die Nägel genau, so findet man sehr häufig auf ihnen quer gestellte, schmale, weisse Linien, selten breitere Linien, blosse Punkte oder sogar Längslinien. Auffallend ist nun, dass diese Linien meist nicht nur an einem Nagel vorhanden sind, sondern zugleich an mehreren oder selbst allen Nägeln, und zwar auf jedem Nagel dann genau an der gleichen Stelle, in derselben Ausdehnung und Breite. Da zehn Schreibbänder gleichzeitig zur Verfügung stehen, wird die Buchung häufig auch gleich zehnmal oder doch mehrere Male vorgenommen und so um so sicherer. Wir haben also hier nicht bloss eine doppelte, sondern

eine vielfache Buchführung mit gleichzeitiger Anfertigung einer Reihe von Copien. Auf den meist verkümmerten Nägeln der Zehen finden sich die gleichen Linien, aber sehr schlecht entwickelt und oft kaum erkennbar.

Diese Buchungen dauern, so lange das benutzte Stück des Nagels dauert. Die Linien treten stets zuerst am ersten Anfang der Nagelwurzel auf und schieben sich mit dem Wachsthum des Nagels mehr und mehr gegen die Fingerspitze vor, bis sie schliesslich der Schere oder Arbeit mit zum Opfer fallen. Da ein Nagel etwa 100 Tage braucht, bis er um so viel gewachsen ist, wie seine sichtbare Länge beträgt, werden diese Notizen auch 100 Tage lang vom Körper aufbewahrt, ehe das Aktenstück wieder eingestampft wird.

Was bedeuten nun diese weissen Linien auf den Nägeln? Oder bedeuten sie überhaupt etwas, sind sie nicht vielleicht blosse Zufälligkeiten oder Naturspiele? Dass sie nichts Zufälliges sind, geht ohne Weiteres daraus hervor, dass sie sich in ganz gleicher Weise meist an verschiedenen Nägeln zugleich finden. Was verzeichnet aber die Natur mit diesen Linien? Das Volk sagt, die Nägel blühen, d. h. das Glück blüht. Das ist ja eine ganz poetische, leider aber nicht immer zutreffende Deutung.

Will man der Sache auf den Grund gehen, so wird man sich vor Allem erst klar machen müssen, wie diese weissen Linien auf den Nägeln zu Stande kommen. Die Linien sind ganz offenbar durch Ernährungsstörungen der Nägel bedingt. Es sind Stellen, an denen die Nagelsubstanz mehr Luft enthält und deshalb farbloser, also weisser, aussieht, als sonst, ebenso wie die lufthaltig gewordenen Haare weiss gefärbt erscheinen. Zugleich muss die Nagelsubstanz an den weissen Stellen lockerer und loser sein, da ja hier ein Theil der festen Hornmasse durch Luft ersetzt ist.

Eine solche Ernährungsstörung des Nagels kann nur an den Stellen stattfinden, an denen der Nagel ernährt wird, das ist am ersten Anfang seiner Wurzel in der Tiefe des Nagelbettes. Da das im Fleisch des Nagelbettes verborgene Nagelstück aber noch ziemlich lang ist, wird eine weisse Linie, die durch eine Ernährungsstörung des Nagels bedingt ist, wenn sie schliesslich aus dem Nagelbett hervortritt, meist schon einige Wochen alt sein.

Man kann nun ziemlich leicht nachrechnen, wodurch die weissen Linien entstanden sein müssen. Findet man eine weisse Linie am freien Nagelrand, gerade reif zum Abschneiden, so muss diese mindestens vor 100 Tagen entstanden sein, meist aber noch etwas früher, ausser bei sehr kurzen, abgearbeiteten Nägeln, wo die Zeit auch einmal weniger betragen kann. Liegt die Linie genau in der Mitte des Nagels, so würde sie annähernd 50 Tage alt sein u. s. w. Rechnet man nun nach, was damals im Leben des Individuums gerade geschehen war, so findet man nicht selten, dass die betreffende Persönlichkeit zu jener Zeit eben eine Reise antrat oder von einer Reise zurück kam, oder dass sonst eine Aenderung in der gesammten Lebensführung eintrat. In diesem Fall functionirt der Nagel also geradezu als Reisetagebuch. Andere geben an, dass sie damals wegen einer Erkrankung in ein Krankenhaus gekommen seien. Finden sich gleichzeitig mehrere, parallele Linien auf einem Nagel, so hört man nicht selten, dass die Betreffenden in den 100 Tagen mehrmals im Krankenhaus waren. Eine ganze Linierung der Nägel findet man zuweilen bei unsicheren Kantonisten, die des öfteren über manche Dinge anderer Ansicht sind, als die Gesetze, und daher häufiger kurze Freiheitsstrafen zu verbüssen haben.

Die angeführten Momente haben nun alle das Gemeinsame, dass sie meist mit einer Aenderung der Ernährung einhergehen. Jede Ernährungsänderung bedingt aber zunächst eine kurze Störung der Ernährung, bis sich der Körper auf die neue Zusammensetzung der Nahrung wieder eingestellt hat, und zwar auch dann, wenn von einer schlechteren zu einer besseren Ernährung übergegangen wird oder von einer guten zu einer ebenso guten, aber anders zusammengesetzten.

Diese Ernährungsstörungen betreffen stets den ganzen Körper für einige Tage und werden an allen Theilen des Körpers Spuren hinterlassen, die nur zum grossen Theil nicht sichtbar sind. An dem Nagel aber werden sie sichtbar und ermöglichen noch nach einem Vierteljahr abzulesen, dass das Individuum zu einer bestimmten Zeit eine plötzliche Aenderung in seiner Ernährung erfuhr. Diese Art der Entstehung der weissen Linien erklärt nun auch ohne Weiteres, warum oft alle oder doch eine Anzahl von Nägeln genau die gleichen Linien zeigen.

Wenn die Ernährungsstörung schnell überwunden wird, so wird die weisse Linie nur dünn und fein ausfallen, hält sie längere Zeit an, so wird die Linie breiter. Und besteht längere Zeit eine Unterernährung gegen früher, so können sich aus einzelnen Punkten und kurzen Querlinien beim Wachsen des Nagels sogar Längslinien ausbilden. Gerade bei vagabundirenden Personen, die im letzten Vierteljahr wiederholt einige Wochen lang eingesperrt waren, sind die Nägel geradezu Controluhren, in denen ganze Gruppen solcher Längslinien eingetragen sind.

Sieht man in einem Krankenhaus die Nägel der Insassen sich an, so kann man vielfach nach ihnen bestimmen, wie lange sich der Kranke schon in der Anstaltsbehandlung befindet. Auch die Rückfälle der Krankheit und der Krankenhausbehandlung sind meist gewissenhaft verzeichnet. Zeigt der Kranke keinerlei Linien, so ist er in der Regel erst ganz kurze Zeit in der Anstalt, oder aber schon über 13 Wochen (91 Tage), so dass der gesammte z. Z. vorhandene Nagel dann unter der gleichmässigen Krankenhausbeköstigung entstanden, die weisse Linie von der Aufnahme aber schon wieder abgestossen ist. Wo zu der blossen Aenderung der Ernährungsweise noch schwere Ernährungsschädigungen durch eine Krankheit hinzu kommen, findet man viel weiter gehende Ernährungsstörungen auch an den Nägeln, statt der blossen, weissen Linien tief eingegrabene, quere Hungerfurchen.

Die Natur kreidet also auf den Nägeln jede etwas länger dauernde Störung im Stoffwechselgleichgewicht an.

Hat diese Schrift nun auch irgend eine praktische Bedeutung? Unter Umständen ja. Da diese Zeichen unverlöschbar sind, willkürlich sich bisher nicht hervorrufen, nachmachen oder beseitigen liessen und eine Aenderung der Ernährungsweise zu einer ganz bestimmten Zeit andeuten, lassen die Linien recht wohl Schlüsse zu über die Lebensweise einer Person im letzten Vierteljahr. Behauptet Jemand das ganze, letzte Vierteljahr im Krankenhaus oder ruhig zu Hause bei seiner Arbeit gewesen zu sein, findet sich aber bei ihm eine Serie weisser Linien oder gar ganze Gruppen, so würde der Verdacht, dass die Behauptung unrichtig sei, dadurch eine wesentliche Stütze gewinnen. Ich habe mehrfach Leute mit sehr zahlreichen Liniensystemen gefragt, ob sie in den letzten drei Monaten mehrfach Freiheitsstrafen erlitten hätten, und meist fand sich diese Annahme bestätigt, ebenso wie bei stark tätowirten Leuten die Frage meist bejaht wird, ob sie schon einmal im Gefängniss oder Zuchthaus gewesen seien. Andererseits würde das Fehlen aller Linien Zweifel erwecken können an der Richtigkeit der

Behauptung, dass Jemand im letzten Vierteljahr mehrfach seinen Aufenthaltsort für längere Zeit gewechselt habe.

Zur Stütze einer Vermuthung kann man also diese Naturschrift recht gut brauchen, keinenfalls darf man aber auf sie allein einen sicheren Beweis gründen wollen, da die Nägel schliesslich doch kein einwandsfreies und eindeutiges Aktenstück sind. Man muss stets dabei bedenken, dass ja auch noch zahlreiche andere Momente solche vorübergehende Ernährungsstörungen an den Nägeln bedingen können ohne gleichzeitige Aenderung in der Ernährungsweise. So ist recht wohl denkbar, dass eine schwere Sorge, die einige Zeit auf Jemand lastet, oder andere tief auf das Individuum einwirkende Momente sich in gleicher Weise in dieses permanente Notizbuch einzutragen vermögen, das der Mensch stets bei sich trägt und ohne sein Zuthun führt, wenn auch darüber noch keine Beobachtungen vorliegen.

Dr. Sehrwald-Trier. [10116]

* * *

Warum beträgt die Spurweite unserer Eisenbahnen 1435 Millimeter? Bis in die ersten Tage des Eisenbahnbaues reichen die Gründe zurück, welche die Eisenbahntechniker zwangen, eine Spurweite von 1435 mm zu wählen, ein Maass, das auf den ersten Blick ganz willkürlich angenommen erscheint. Als nämlich George Stephenson, der im Jahre 1812 die erste Locomotive für das Bergwerk Killingworth gebaut hatte, im Jahre 1825 nach Ueberwindung zahlloser Schwierigkeiten die behördliche Genehmigung zum Bau der ersten öffentlichen Eisenbahnstrecke (zwischen Stockton und Darlington) erhielt, da hatte man ihm die Vorschrift gemacht, dass die Spurweite der Bahn nicht grösser sein dürfe, als die der damaligen englischen Postkutschen, deren Räder 5 englische Fuss weit auseinander standen. Da die Stephensonsche Bahn ohnedies zunächst lediglich dem Personenverkehr dienen solle, wählte der Erbauer als Personenwagen einige alte Postkutschen, die er — mit geeigneten Rädern versehen — seiner Locomotive anzuhängen gedachte. Beim Bau der Locomotive stellte es sich aber als unmöglich heraus, der behördlichen Vorschrift in Bezug auf die Spurweite nachzukommen. Während nämlich bei unseren heutigen Locomotiven die Dampfcylinder meist ausserhalb der Räder liegen, lagen sie bei Stephensons Locomotive (bei vielen englischen Locomotiven noch heute) zwischen den Rädern. Nun war es aber Stephenson nicht möglich, in dem engen Raume von 5 Fuss seine beiden Cylinder unterzubringen, und es gelang ihm schliesslich, die Genehmigung für eine Spurweite von 5 Fuss 8½ Zoll zu erhalten, die ihm die Anordnung der Cylinder ermöglichte. Die alten Postkutschen setzte Stephenson auf neue Rädergestelle mit der gleichen Spurweite, und so raste denn der erste Eisenbahnzug mit der fabelhaften Geschwindigkeit von 16 km in der Stunde über die mit 5 Fuss 8½ Zoll = 1435 mm Spurweite verlegten Schienen. Dieses Maass wurde naturgemäss für alle weiteren aus der Stephensonschen Fabrik stammenden Locomotiven beibehalten, und da für die ersten auf dem Continent von englischen Ingenieuren erbauten Eisenbahnen die Locomotiven auf längere Jahre hinaus aus England bezogen werden mussten, so war man gezwungen, auch hier mit 1435 mm Spurweite zu bauen. Als man aber auch auf dem Continent anfing, Eisenbahnen und Locomotiven selbst zu bauen, da war schon eine so grosse Anzahl von Bahnstrecken vorhanden, dass man die Spurweite der neu anzugliedernden Strecken nothgedrungen 1435 mm breit ausführen musste. So kommt es, dass alle europäischen Bahnen, mit alleiniger Ausnahme der russischen, gleiche Spurweite haben, eine Thatsache, die für den internationalen Verkehr von grösster Bedeutung ist. *(Eisenbahn-Werkmstr.)* O. B. [10057]

* * *

Leuchtender Fischlaich auf See. In den *Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie* (33. Jahrg., 12. Heft) wird aus dem Reiseberichte des deutschen Dampfschiffes *Gouverneur Jaeschke* folgende interessante Mittheilung des Capitains W. Treumann veröffentlicht: „Als am 5. Juli 1905, Abends 9 Uhr 45 Minuten, der Postdampfer *Gouverneur Jaeschke* sich auf der Reise von Shanghai nach Tsingtau befand (31° 58′ nördl. Br., 122° 33′ östl. Lg.), wurde voraus plötzlich ein scharf abgegrenzter feuriger Schein bemerkt, der auf den wachthabenden Officier den Eindruck von Brandung machte, so dass das Schiff sofort gestoppt und gelothet wurde. Beim Näherkommen stellte sich heraus, dass der Streifen aus derartig intensiv leuchtendem Fischlaich bestand, wie es wohl nie in der Nähe des Yangtsekiang beobachtet worden ist. Auf die Passagiere machte er den Eindruck einer von Tausenden von Lichtern beleuchteten Pier. Ich selbst habe noch nie, auch bei sehr stark phosphorescirendem Wasser, im Indischen Ocean eine annähernd ähnliche Erscheinung bemerkt. Der Wind war zur Zeit SSO, schönes klares Wetter. Dieselbe Erscheinung ist in der nämlichen Nacht von zwei anderen Dampfern gesehen worden.“

Ltz. [10012]

BÜCHERSCHAU.

Eingegangene Neuigkeiten.

(Ausführliche Besprechung behält sich die Redaction vor.)

Daub, Hermann, Dozent a. d. k. k. techn. Hochschule und a. d. k. k. Hochschule f. Bodenkultur in Wien. *Vereinfachte Ermittlung der gleichförmig belasteten gewalzten* I-, ⊏- *und* ⅂-*Träger bei Hochbauten.* Gr. 8°. (6 S.) Mit 3 lithogr. Tafeln auf Pappe. Wien, Franz Deuticke. Preis 2,50 M.

Grafenmüllner, L. *Gymnasium oder Zuchthaus?* Ein Vorschlag zur Lösung der Gymnasialfrage. 8°. (72 S.) Wien, C. W. Stern. Preis 1 M.

Selbstschriften-Album. Herausgegeben anlässlich der Ausgabe des 500. Bandes von Kürschners Bücherschatz. Kl. 8°. (76 S.) Berlin, Hermann Hillger.

Welt in Farben, Die. I. Abtlg.: Deutschland, Oesterreich-Ungarn, Italien und die Schweiz. 270 Bilder nach Aufnahmen in natürlichen Farben, herausgegeben von Johannes Emmer. Lieferung 1. Fol. (8 S. und 3 Tafeln.) Internationaler Weltverlag, Berlin-Schöneberg. Subskr.-Preis 1,50 M.

Wörterbuch, Illustriertes Technisches, in sechs Sprachen: Deutsch, Englisch, Französisch, Russisch, Italienisch, Spanisch. Nach besonderer Methode bearbeitet von K. Deinhardt und A. Schlomann, Ingenieure. Band I: Dipl.-Ing. P. Stülpnagel. Die Maschinenelemente und die gebräuchlichsten Werkzeuge. Mit 823 Abbildungen und zahlreichen Formeln. Schmal 8°. (IV, 403 S.) München, R. Oldenbourg. Preis geb. 5 M.

Zobeltitz, Hanns von. *Zwischen zwei Meeren.* Roman. (Kürschners Bücherschatz No. 500 u. 501.) Kl. 8°. (128, 112 S.) Berlin, Hermann Hillger. Preis je 0,20 M.